

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Ingegneria Industriale

**TESI DI LAUREA IN  
INGEGNERIA DEI PROCESSI INDUSTRIALI E DEI MATERIALI**

(Laurea triennale DM 270/04 – Indirizzo Processi Industriali)

# **DIMENSIONAMENTO LINEA DI DISTRIBUZIONE PER RESINA POLIESTERE INSATURO**

***Relatore: Prof. Michele Modesti***

***Laureanda: CHIARA BALBINOT***

**ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012**



# Introduzione

Il tirocinio è stato svolto presso l'azienda Nicos International SpA, collocata a Portobuffolè (TV).

L'azienda produce un particolare composito termoindurente qualificato con il nome commerciale di Cristalpant costituito da resine poliestere insature e minerali. I prodotti in questione appartengono all'arredamento domestico di design: vasche da bagno, piatti doccia, piani da cucina, lavelli, lavandini, tavoli, appendi abiti, accessori bagno e zona living.

Nicos International opera la progettazione e la realizzazione degli stampi su cui verranno prodotti i manufatti finali; si occupa della formulazione della mescola e dell'intera lavorazione del pezzo. I prodotti vengono direttamente consegnati ai clienti che sono tra le più prestigiose firme di design italiano, conosciute a livello mondiale. Tali firme espongono i prodotti in show room di proprietà, in cui gli addetti del settore possono visionare ed ordinare i pezzi per le proprie rivendite.

L'attività di tirocinio si è soffermata sui seguenti punti:

analisi delle resine utilizzate nel processo;

presa visione dell'intero ciclo produttivo;

analisi delle fasi di stoccaggio e conseguente rilevazione delle criticità;

stesura della proposta di automatizzazione dell'impianto di stoccaggio.

Lo scopo concreto è stato quello di dimensionare una linea che provvedesse ad approvvigionare il reparto produttivo della resina poliestere insatura.

Per affrontare i suddetti punti sono stati attivamente rilevati dati di laboratorio di viscosità e di densità; è stata presa visione delle planimetrie dei locali di interesse, del reattore, ed è stata visitata l'azienda del principale fornitore di materia prime; è stata compiuta una ricerca sulle normative vigenti in termini di trasporto e sicurezza, sono stati elaborati i dati necessari al calcolo di dimensionamento di massima partendo da dati di letteratura(e sperimentali).



# Indice

<b>CAPITOLO 1– Chimica delle materie prime</b>	<b>7</b>
1.1 Resine poliestere insature	7
1.1.1 Chimica	7
1.1.2 Reticolazione	8
<b>CAPITOLO 2 – Produzione e trasporto delle materie prime</b>	<b>11</b>
2.1 Dal fornitore alla ditta consumatrice	11
2.1.1 Impianto di produzione	11
2.1.2 Trasporto	12
<b>CAPITOLO 3 – Produzione in Nicos International</b>	<b>13</b>
3.1 Stoccaggio	13
3.2 Preparazione semilavorato resinoso	14
3.3 Reazione di reticolazione	14
3.4 Stampaggio	15
3.5 Post-indurimento	16
3.6 Lavorazioni meccaniche e imballaggio	16
3.7 Controllo di qualità	16
3.7.1 Materie prime	16
3.7.2 Semilavorato resinoso	16
3.7.3 Pezzo stampato grezzo	17
3.7.4 Pezzo finito	17

<b>CAPITOLO 4 – Ricevimento e stoccaggio</b>	19
4.1 Normative	20
4.2 Pericoli	20
4.3 Temperatura	21
4.4 Tipi di resine	21
4.5 Criticità produttive	21
4.6 Criticità per il personale	22
 <b>CAPITOLO 5 – Proposta di implementazione del sistema di stoccaggio e di approvvigionamento delle resine</b>	23
5.1 Introduzione alla proposta di implementazione	23
5.2 Il progetto in sintesi	24
5.3 Sviluppo del progetto di tesi	25
5.3.1 Serbatoi	26
5.3.2 Tubazioni	27
5.3.3 Pompa	28
5.4 Calcoli	29
 <b>Conclusioni</b>	35
Appendice 1	37
Appendice 2	40
Appendice 3	42
<b>Bibliografia</b>	45

# Capitolo 1

## Chimica delle materie prime

### 1.1 Resine poliestere

Le resine poliestere sono una classe di resine termoindurenti tra le più diffuse nel mercato dei polimeri.

Le resine poliestere sono ottenute dalla condensazione di alcoli diidrossidi o poliossidi con acidi dicarbossilici o policarbossilici. Dalla polimerizzazione si ricava un prepolimero che è un poliestere insaturo avente gruppi funzionali reattivi che permettono la reticolazione tramite l'aggiunta di un agente reticolante: lo stirene è il più usato. È necessario che la reazione venga controllata opportunamente con additivi per ottenere un buon prodotto finale.

Nel caso in cui i reagenti abbiano più di due gruppi funzionali, la resina che si ottiene non è a catena lineare ed è una resina termoindurente (anziché termoplastica).

Questo tipo di resine hanno le seguenti caratteristiche:

scarsa resistenza al calore;

scarsa resistenza all'attacco chimico;

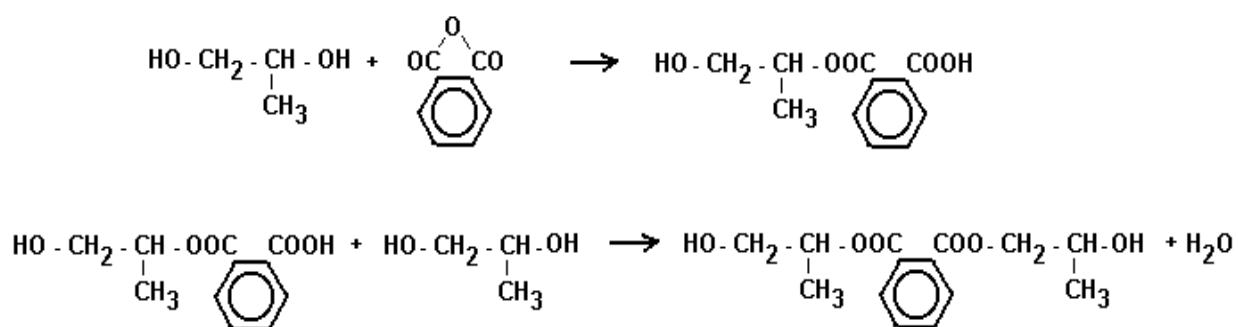
infiammabilità;

stabilità dimensionale.

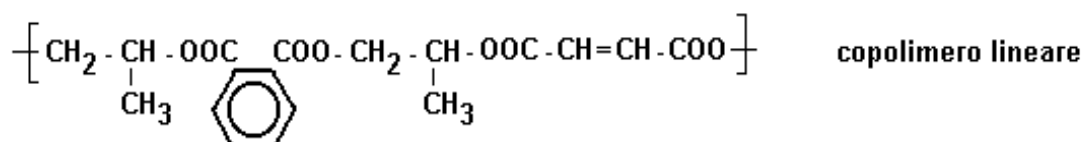
#### 1.1.1 Chimica

Le resine commerciali vengono fornite sottoforma di liquidi viscosi nei quali non è ancora avvenuta la reticolazione. Per ottenere la resina in questo stato la reazione di polimerizzazione viene arrestata alla formazione di un poliestere insaturo. Nel caso più diffuso viene utilizzato glicole, anidride ftalica (come acido saturo) e anidride maleica (come acido insaturo). Gli acidi saturi daranno polimeri saturi, gli acidi insaturi daranno polimeri insaturi. Solo questi ultimi sono reattivi relativamente ad agenti reticolanti. L'anidride ftalica e l'anidride maleica vengono fatti reagire con il glicole per ottenere poliesteri insaturi (allo stato liquido). Questo prepolimero viene diluito in stirene (monomero di reticolazione) e solidifica con l'aggiunta di perossidi e catalizzatori, a causa della reazione esotermica di reticolazione radicalica. A temperature superiori ai 150°C lo stirene può dare reazione di reticolazione anche senza la presenza di perossidi.

Si tratta di una reazione di esterificazione tra i gruppi carbossilici delle anidridi e i gruppi idrossile del glicole:



Nel caso di acidi insaturi si ottiene:



Le resine poliestere insature sono stabili a temperatura ambiente e in assenza dell'agente reticolante.

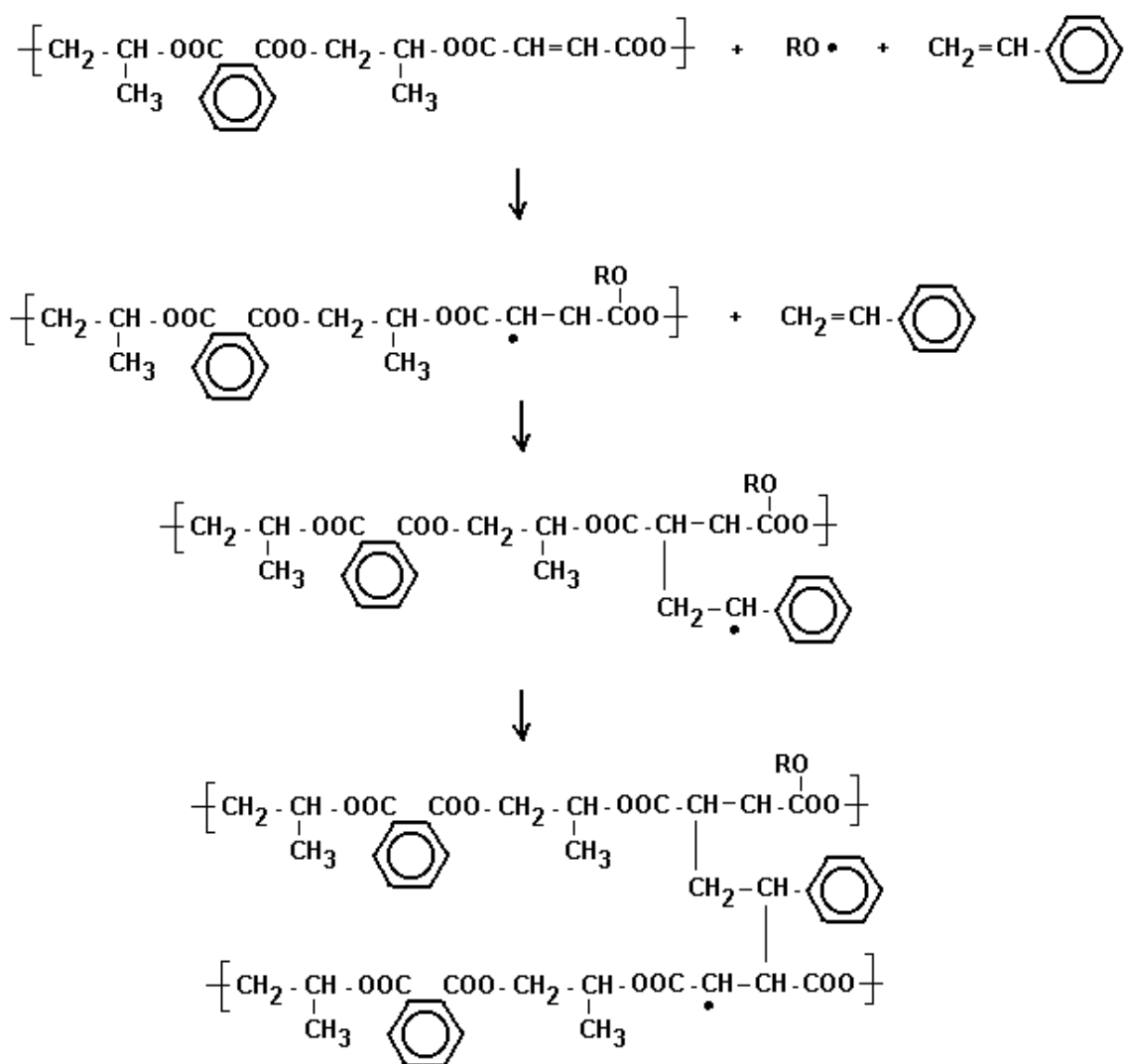
Quando però inizia la reazione di reticolazione (radicalica) può sorgere il problema di controllare la gelazione. Per fare ciò si usano inibitori, aggiunti alla resina prima di farla reagire con il monomero agente reticolante (stirene).

Un inibitore tipico è l'idrochinone.

### 1.1.2 Reticolazione

Quando il polimero insaturo entra in contatto con un reticolante viene trasformato da liquido stabile a solido rigido. A temperatura di lavoro (temperatura ambiente) è comunque necessario l'uso di acceleranti che forniscano radicali liberi. I più utilizzati sono i perossidi, che iniziano una reazione di reticolazione controllata. Essendo la reazione radicalica, è sufficiente la presenza di quantità minime di perossido per attivarla. Queste restano poi intrappolate nel polimero finale. La loro presenza però non influenza le caratteristiche chimico-fisiche del prodotto finale, viste i piccoli quantitativi di perossido contenuti. Gli iniziatori sono attivati dal calore e da metalli polivalenti. I radicali (RO•) sono inizialmente consumati dall'inibitore: la reazione procede solo quando questo è stato totalmente esaurito.







# Capitolo 2

## Produzione e trasporto delle materie prime

### 2.1 Dal fornitore alla ditta consumatrice

Le materie prime utilizzate in Nicos International non vengono direttamente sintetizzate in azienda, ma sono prodotte e trasportate da una ditta esterna.

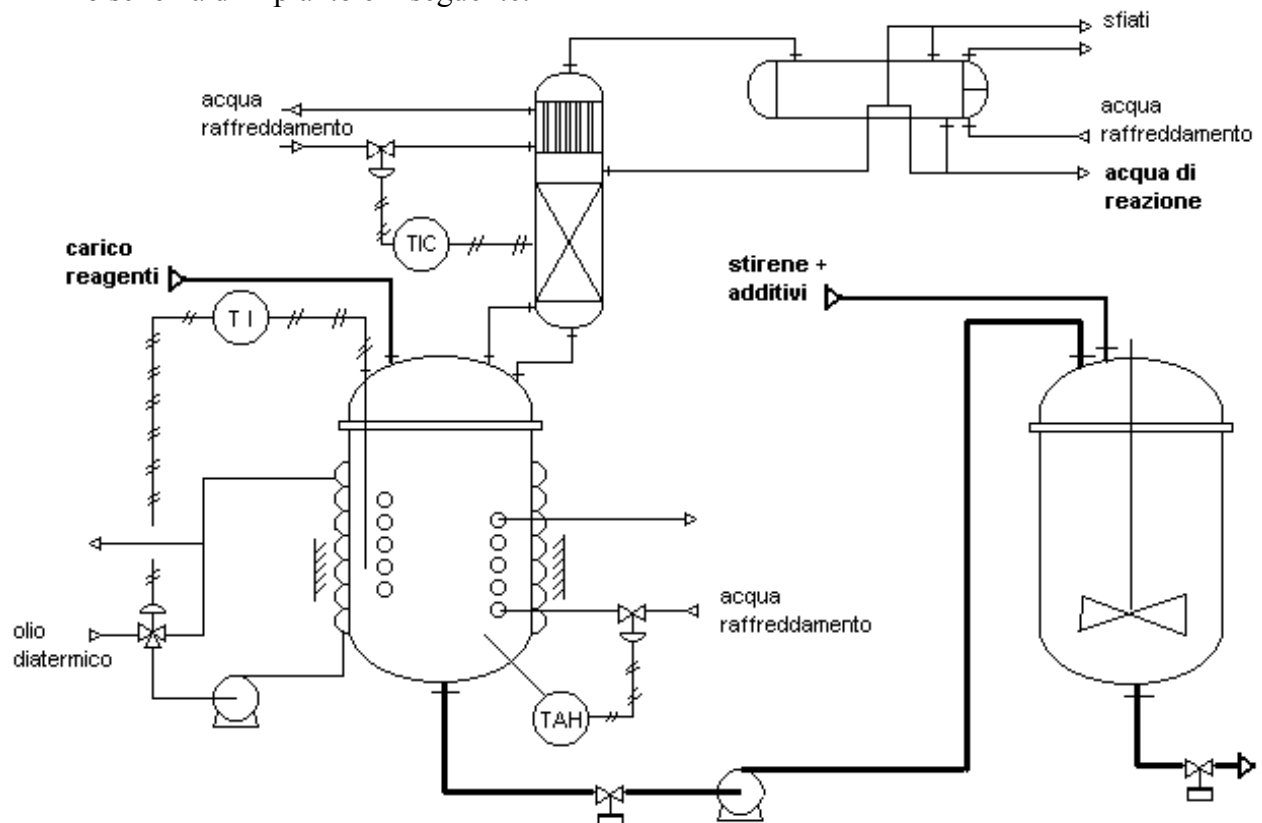
#### 2.1.1 Impianto di produzione

La produzione di resine poliestere avviene tipicamente all'interno di reattori batch.

Il processo produttivo è diviso in due fasi:

1. esterificazione del glicole con l'anidride;
2. aggiunta dell'agente reticolante e additivi specifici (inibitori di reticolazione) per mantenere stabile il prodotto finale liquido fino al momento dell'utilizzo.

Lo schema d'impianto è il seguente:



### ***2.1.2 Trasporto***

Il trasporto della resina dal produttore al consumatore (Nicos International) avviene su strada. La scheda di sicurezza della resina (si veda APPENDICE 1) indica al punto 14 i ragguagli sul trasporto, facendo riferimento alle norme ADR da seguire. Le informazioni riportate sono: UN 1866 RESIN SOLUTION, flammable, 3, III – (F1). “UN” sta per United Nations e il numero che segue è il codice di identificazione della sostanza, viene poi indicato il nome della sostanza e le sue caratteristiche dominanti, la classe della sostanza (secondo ADR) dove la cifra 3 indica che questa resina è un liquido infiammabile, il numero romano indica che il trasporto di questa sostanza rappresenta un pericolo esiguo. L’ultimo riferimento (F1) rappresenta il codice di classificazione della sostanza pericolosa.

Quando l’autocisterna arriva alla Nicos la resina viene scaricata in cisternette.

# Capitolo 3

## Produzione in Nicos International

### Le fasi di lavorazione

La mescola Cristalplant è costituita da resina poliestere addittivata (di seguito indicata come semilavorato resinoso) e miscelata con triidrato di alluminio e ossido di titanio. L'idrato, comunemente chiamato carica, è il filler, mentre l'ossido di titanio, opportunamente disperso, serve a conferire la colorazione bianca desiderata. La mescola così composta viene addizionata del perossido organico che dà inizio alla reazione di reticolazione. Il materiale così ottenuto, che è in fase di curing (indurimento), viene iniettato in stampi che conferiranno la forma finale del manufatto. Una volta completata la reazione di reticolazione il pezzo viene sformato, posto in forno (operazione di post-curing) e a seguire, dopo un controllo sulla qualità del pezzo stampato, lavorato meccanicamente (tagliato, calibrato, forato, ecc.), rifinito, controllato nuovamente e imballato.

### 3.1 Stoccaggio

La resina viene trasportata in Nicos in autocisterne e viene subito stoccata in contenitori cubici da 1000 kg l'uno. I contenitori sono conformi al contenimento di liquidi infiammabili, quali le resine poliestere: sono antistatici, non permeabili alle resine e non infiammabili. Inoltre queste cisternette sono rinforzate con una gabbia metallica così da poter essere stoccate in pile da tre unità (al massimo). Ogni contenitore viene etichettato indicando il lotto di fabbricazione del produttore al quale appartiene la resina contenuta; la data di scadenza in quanto la resina non è stabile, cioè perde le sue caratteristiche fisiche se stoccata per più di 3-6 mesi a seconda degli additivi presenti; la data di fabbricazione, il nome commerciale, il codice aziendale di prodotto, la data di arrivo allo stabilimento, il riferimento al DDT.

Il fornitore collauda la resina e preleva due campioni che vengono sigillati prima di introdurre in autocisterna la resina. Un campione resta al produttore, il secondo viene portato (sigillato) al cliente. Al momento dello scarico vengono prelevati altri due campioni di resina, che vengono subito sigillati. Questa procedura serve per avere dei campioni di riferimento nel caso si riscontrino problemi di carattere chimico-fisico con la

resina in questione, imputabili al trasporto in autobotte. Per questioni tecniche di Nicos International la resina è stabilizzata al minimo, per questo è adatta solamente al trasporto stradale.

### **3.2 Preparazione semilavorato resinoso**

Come accennato sopra la resina viene additivata con diverse materie prime tra cui:

- Monomeri acrilici che, a seconda delle caratteristiche prestazionali volute nel pezzo finito, possono andare a modulare proprietà meccaniche quali trazione e flessione; (ad esempio possono andare a rendere più flessibile o più rigida una mescola a seconda che venga utilizzata per realizzare una vasca o un tavolo).
- Ritardanti che servono a modulare i tempi di reazione e quindi di produzione.
- Azzurrante che aiuta a conferire la colorazione bianca voluta: le sostanze plastiche tendono normalmente ad ingiallire.
- Sali di metalli pesanti (cobalto, potassio, zirconio), chiamati attivanti che innescano la reazione radicalica dei perossidi.
- Disaerante che riduce la tensione superficiale e favorisce la fuoriuscita di bolle d'aria presenti nella mescola. Queste bolle che renderebbero il prodotto finito un pezzo scarto sia per motivi tecnici (una disomogeneità del pezzo può, in taluni casi, essere un principio di rottura) che qualitativi.

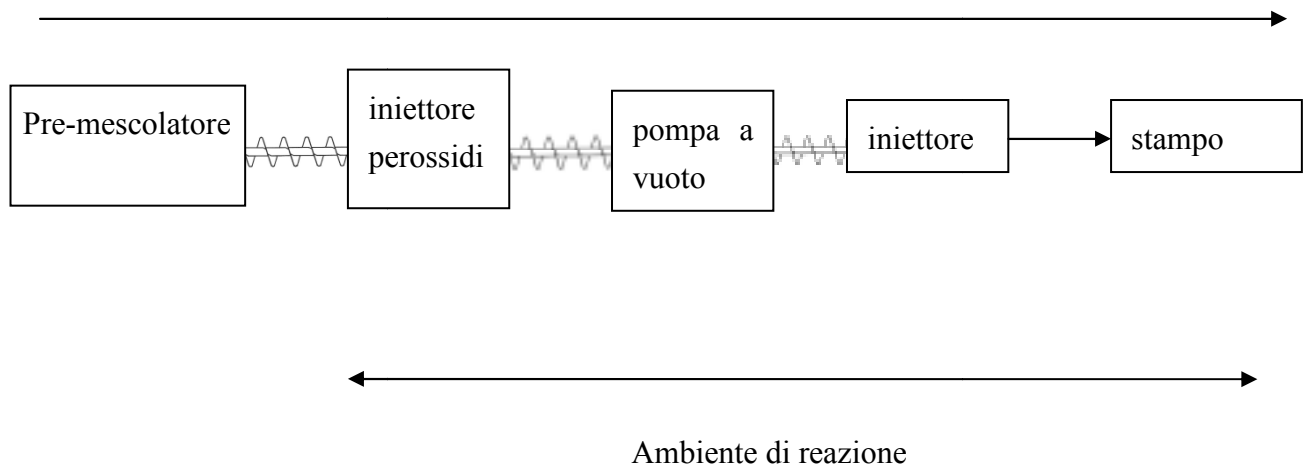
L'operazione di preparazione del semilavorato resinoso viene svolta manualmente, per lotti di 1000 kg alla volta, nello stesso ambiente riservato allo stoccaggio delle materie prime.

La resina viene posta in un mescolatore dove viene amalgamata con i monomeri acrilici, l'accelerante, il ritardante, l'azzurrante e il disaerante. Facendo riferimento al sistema di iniziazione viene aggiunto prima l'accelerante per questioni di miscelazione. Le composizioni variano a seconda del prodotto finale che si intende ottenere. Il semilavorato resinoso ben miscelato viene trasferito in cisterna da 1000 kg, etichettato con la data di scadenza, e direttamente trasportato al reattore con un carrello elevatore.

### **3.3 Reazione di reticolazione**

La reazione di reticolazione ha inizio in un reattore che consiste in una coclea idraulica. La prima parte della coclea funge solo da pre-mescolatore in cui confluiscono: semilavorato resinoso (1/3 in massa), triidrato di alluminio in polvere (2/3 in massa) e diossido di titanio precedentemente disperso in resina. Il  $\text{TiO}_2$  conferisce il colore alla miscela, il  $\text{Al}(\text{OH})_3$  funge da filler, e viene anche chiamato "inerte". L'aggiunta dei due ingredienti rende molto più viscoso il materiale, e per favorire il mescolamento i passi della coclea sono stati

progettati di diverse dimensioni: si restringono all'avvicinarsi dell'iniettore dei perossidi. Dopo 10 passi di coclea viene iniettato il perossido. I passi vanno sempre più restringendosi per favorire la buona miscelazione che darà così una reazione omogenea; si allargano poi nel tratto di azione della pompa a vuoto. Prima di uscire dal reattore infatti viene aspirata l'aria inglobata durante la miscelazione. La miscela così ottenuta viene subito immessa negli stampi perché la reazione di reticolazione inizia appena il perossido entra in contatto con il semilavorato resinoso. La temperatura all'ugello è di 28-30°C. Dopo circa 20 minuti di erogazione la temperatura del materiale può arrivare anche a 35 °C (riscaldamento da attrito).



**Figura 3.1** Schema del reattore di reazione

### 3.4 Stampaggio

La resina viene lasciata reticolare in stampo per circa 90 minuti: i tempi variano a seconda della grandezza del pezzo. In fase finale la parte superiore dello stampo viene aperta per evitare che si creino tensioni superficiali tali da provocare la rottura del pezzo. Durante la fase di reticolazione il polimero si ritira, per questo gli stampi devono essere costruiti tenendo conto di questa caratteristica di reazione. Le temperature arrivano al massimo a 85-90°C.

### **3.5 Post-indurimento**

Per eliminare l'eccesso di monomero residuo e assicurare la completa reticolazione delle catene terminali, tutti i pezzi, una volta tolti dagli stampi, vengono messi in forno elettrico a 90°C per 90-180 minuti a seconda delle loro dimensioni.

### **3.6 Lavorazioni meccaniche e imballaggio**

Le lavorazioni finali consistono nella finitura meccanica: foratura, calibratura degli spessori, eventuali incollaggi, stuccatura per eliminare le imperfezioni anche minime e levigatura accurata.

### **3.7 Controllo di qualità**

Nicos International, avendo focalizzato la propria politica aziendale sulla qualità totale, ha messo a punto un sistema di controllo che si sviluppa su più livelli: vengono infatti controllate le materie prime in entrata, in base alle caratteristiche richieste, il semilavorato resinoso per eliminare eventuali problemi di produzione, il pezzo grezzo prima delle lavorazioni meccaniche e il prodotto finito.

#### ***3.7.1 Materie prime***

Resina: viene controllata la viscosità (con il viscosimetro Brookfield), il residuo secco (con la bilancia termica) e la reattività (tempo di gel e tempo di picco) in bagno termostato della resina tal quale per verificare i parametri di capitolato; per poi valutare il comportamento della stessa nella miscela di reazione, vengono preparati 10 kg di miscela e fatti reticolare all'interno di uno stampo pilota presente in laboratorio; questo stampo, analogamente a quelli presenti in produzione è termostato, in modo tale che questa prova vada a simulare il più possibile quanto poi avverrà in produzione.

Inerte: gli inerti sono soggetti al controllo del colore, attraverso analisi con spettrofotometro e controllo del tasso di umidità attraverso bilancia termica.

#### ***3.7.2 Semilavorato resinoso***

Per ogni lancio di semilavorato resinoso si verifica la reattività: un campione di 100 g viene termostato a 25 °C; si aggiunge il 2% w/w di perossido organico, di miscela e si registra il termogramma. Indicazioni importanti da ricavare dal termogramma sono: tempo di gel, tempo e temperatura del picco esotermico. Dalla valutazione del grafico ottenuto si può decidere, eventualmente di inibire o accelerare la reazione.



### 3.7.3 Pezzo stampato grezzo

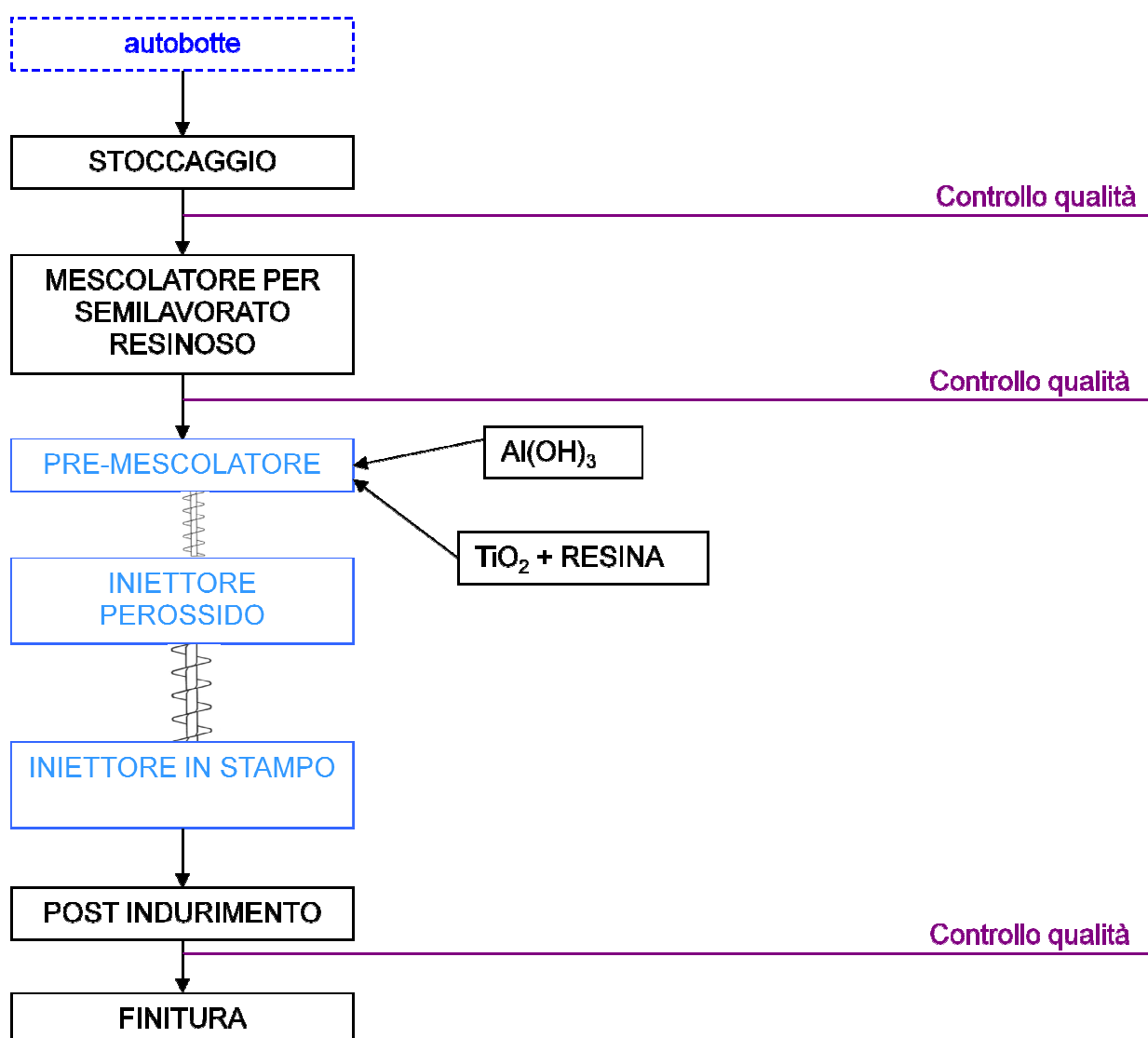
Il giorno dopo lo stampaggio dei pezzi, questi vengono controllati per evidenziare eventuali difetti macroscopici che possono andare a compromettere la funzionalità del manufatto e vengono quindi scartati. I principali controlli eseguiti sono: controllo colore (spettrofotometro portatile), durezza Barcol, analisi visiva della presenza di scie di bolle, cricche, inizi di frattura, ecc.

### 3.7.4 Pezzo finito

Una volta lavorato meccanicamente ed eliminati gli eventuali difetti da stampaggio, i pezzi sono controllati visivamente un'ultima volta e poi imballati.

**Figura 3.2**

SCHEMA a blocchi della produzione di Nicos International





# Capitolo 4

## Ricevimento e Stoccaggio

Due volte al mese arriva un carico di resina da circa 18000 kg ciascuno, trasportato attraverso autobotte.

Un addetto si occupa dello scarico della resina: dalla cisterna dell'autocarro a cisternette di capacità 1 m<sup>3</sup>.

Il travaso viene fatto in un piazzale esterno, con una pavimentazione in asfalto e attualmente sprovvisto di una vasca adeguata di contenimento, nel caso avvengano versamenti accidentali.

Se si verificasse uno sversamento, sarebbe necessario bonificare l'area inquinata.

Attualmente il tempo complessivo impiegato per questa fase si aggira attorno alle 3 ore.

Gli step da attuare sono i seguenti:

- preparazione delle cisternette sul piazzale,
- messa a terra dell'autobotte,
- travaso della resina,
- prelevamento campioni,
- riempimento delle cisternette (una ad una),
- trasporto delle cisternette in ambiente di stoccaggio.

Tra uno step e il successivo ci sono considerevoli tempi morti: tempi necessari per spostare il manicotto dell'autocisterna da una cisternetta a quella successiva, per impilare le cisternette in colonne da tre con un carrello elevatore, ecc.

In seguito le cisternette piene vengono trasferite in un ambiente interno adibito a stoccaggio, climatizzato a temperatura 19-25 °C, dotato di pavimento adeguato a non fare percolare eventuali perdite di resina. Inoltre vi è una vasca di contenimento da 40 m<sup>3</sup> ricavata abbassando la quota del pavimento dell'intero locale.

Nel medesimo locale vi è anche il mescolatore per la produzione del semilavorato resinoso (resina+azzurrante+acceleranti+monomeri). Quindi la resina esce dall'ambiente di stoccaggio solo dopo essere stata addittivata e viene portata attraverso carrello elevatore in produzione, nel reparto di stampaggio.

Attualmente l'ambiente di stoccaggio ospita tutte le materie prime necessarie per la formulazione del semilavorato resinoso ed i perossidi. Le uniche materie prime che non vengono stoccate qui sono l'ossido di titanio e l'idrossido di alluminio.

## 4.1 Normative

Non ci sono norme precise che regolano gli ambienti di stoccaggio di materie infiammabili, quindi si fa qui riferimento alla normativa generale. Il D. Lgs. 81/2008 dice che *“I pavimenti e le pareti dei locali destinati alla lavorazione, alla manipolazione, all'utilizzazione ed alla conservazione di materie infiammabili, esplosivi, corrosive o infettanti, devono essere in condizioni tali da consentire una facile e completa asportazione delle materie pericolose o nocive, che possano eventualmente depositarsi”*.

Per quanto riguarda la fase di travaso delle resine, l'ambiente attuale non è adatto, in quanto non conforme al D. Lgs. 81/2008. La resina infatti viene scaricata in un ambiente aperto, con pavimentazione in asfalto, privo di vasche di contenimento.

Lo stoccaggio invece ha luogo in un ambiente interno, climatizzato: per ragioni di sicurezza ed utilizzo è bene che la temperatura della resina si mantenga tra i 18 e i 25°C. Per temperature inferiori a tale intervallo, la resina ha una viscosità troppo elevata per essere lavorata, per temperature superiori potrebbe essere meno stabile e quindi maggiormente infiammabile. Le cisternette piene vengono impilate in colonne di massimo 3 elementi. La pavimentazione è posta 0.4 m al di sotto del livello di campagna per garantire il contenimento della resina nel caso di perdite o sversamento accidentale. In riferimento al D.Lgs. 81/2008 queste cisternette, in quanto *“recipienti adibiti al trasporto dei liquidi o materie infiammabili, corrosive, tossiche o comunque dannose devono essere provvisti: di idonee chiusure per impedire la fuoriuscita del contenuto; di accessori o dispositivi atti a rendere sicure ed agevoli le operazioni di riempimento e svuotamento”*. Da quanto constatato, le cisternette impiegate sono dotate di cavo di messa a terra, valvola di chiusura, tappo di sicurezza e gabbia metallica per poterle impilare in sicurezza.

## 4.2 Pericoli

Analizzando lo scenario attuale sono stati rilevati i seguenti potenziali pericoli:

nella fase di travaso sussisterebbe il pericolo di:

- inalazione di vapori irritanti per le vie respiratorie per l'addetto, eliminato grazie all'utilizzo dei Dispositivi di Protezione Individuali (D.P.I.) previsti;
- fuoriuscita accidentale della resina, nella fase di passaggio del bocchettone tra una cisterna e l'altra e quindi la conseguente possibilità di inquinamento del suolo. Se non venisse attuata la corretta procedura di bonifica, come rischio estremo ci potrebbe essere l'inquinamento delle falde acquifere;
- infiammabilità più probabile nei mesi estivi, date le temperature ambientali maggiori, in presenza di fonte d'innesco.

Nella fase di stoccaggio sussisterebbe il pericolo di:

- fuoriuscita accidentale della resina durante gli spostamenti con carrello elevatore;

- inalazione di vapori irritanti per le vie respiratorie per l'addetto, seppur meno pronunciato rispetto alla fase di travaso; anche in questa fase sono previsti specifici DPI.

### 4.3 Temperatura

La resina viene travasata ad una temperatura compresa tra 30-35 °C in modo che la viscosità sia nell'intorno dei 2000 cPs; in questo modo le operazioni di travaso, per 18000 kg circa di prodotto riescono a concludersi, esclusi i tempi per le movimentazioni, in circa 1.5 ore. La temperatura di stoccaggio invece è inferiore, compresa tra 18 e 25 °C. Questo intervallo permette di mantenere il prodotto infiammabile al di sotto della temperatura di flash point del monomero prevalente (stirene), pari a 31 °C. [*temperature suggerite da cefic*].

### 4.4 Tipi di resine

Attualmente vengono acquistati quattro tipi diversi di resine che serviranno poi a realizzare prodotti diversi. Tuttavia l'80% delle resine utilizzate è rappresentato da due sole formulazioni. Proprio per questo l'azienda sta accordandosi con il fornitore per acquistare la resina già addizionata di azzurrante, monomeri acrilici, disaerante, ritardante, iniziatore. Il magazzino di stoccaggio verrebbe così a contenere quasi esclusivamente semilavorato resinoso, con un conseguente risparmio di spazio. In questo modo verrebbe eliminato il mescolatore o per lo meno ne verrebbero ridotte le dimensioni, dato che non se ne farebbe più un così largo uso.

Acquistando esternamente le due formulazioni più utilizzate verrebbe liberato l'operatore dalla mansione di preparare il semilavorato resinoso (che attualmente occupa circa 2 lavorazioni \* 5 gg \* 4 settimane \* 10 mesi = 400 preparazioni annue). Così verrebbe eliminata la fase di preparazione del semilavorato resinoso e non verrebbero più acquistati gran parte dei prodotti chimici attualmente usati per formularlo.

Questa scelta porterebbe all'ulteriore vantaggio di avere più spazio in ambiente di stoccaggio.

### 4.5 Criticità produttive

Oltre ai problemi relativi alla sicurezza del personale e all'inquinamento ambientale sono state evidenziate difficoltà anche dal punto di vista produttivo. La fase di scarico della resina si presenta molto macchinosa per i vari spostamenti che interessano le cisternette. Basti analizzare le tempistiche: il tempo necessario al travaso delle resine è di circa 90

minuti, ma la durata complessiva per svolgere l'intera operazione è di circa 3 ore, come detto prima.

Lo spostare il manicotto dell'autocisterna da un contenitore all'altro, l'impilamento in colonne da tre unità, il trasporto di cisternette riempite all'interno dell'ambiente di stoccaggio e il trasporto di quelle vuote all'esterno occupa il resto del tempo. Si può concludere che dal punto di vista logistico vi siano degli sprechi di tempo. Inoltre la complessiva fase di scarico deve essere completamente seguita da un addetto.

Va fatto notare inoltre che questo sistema produttivo prevede diversi travasi: dall'autobotte alle cisternette, dalle cisternette al premescolatore, dal premescolatore alla cisterna che viene poi trasportata in produzione, da questa cisterna al serbatoio del reattore, dal serbatoio allo stampo. Essendo la resina viscosa, in ogni passaggio una parte della resina rimane sulle superfici dei vari contenitori. È stato stimato che questa perdita ammonta all'1% circa delle materie prime acquistate.

Queste perdite rappresentano un costo doppio per la produttività: il costo di acquisto e il costo di smaltimento. Tutti questi recipienti poi vanno puliti prima di essere riutilizzati.

## **4.6 Criticità per il personale**

L'attuale sistema di travaso provoca un disagio per l'addetto dato che questa attività avviene all'esterno, alle condizioni climatiche presenti al momento dell'arrivo dell'autobotte.

Inoltre il sistema descritto impone al personale uno stretto contatto con la resina e la possibilità di inalarne i vapori.

Per questa serie di motivi l'azienda ha deciso di modificare radicalmente il sistema di stoccaggio e trasferimento in produzione del semilavorato resinoso.

# Capitolo 5

## Proposta di implementazione del sistema di stoccaggio e di approvvigionamento delle resine

### 5.1 Introduzione alla proposta di implementazione

Riassumendo quanto fino ad ora esposto, dall'analisi dell'attuale sistema di ricevimento, stoccaggio e approvvigionamento di resina ai reparti produttivi di Nicos International, sono emerse le seguenti criticità:

Problemi logistici: si verificano negli spostamenti con carrello elevatore all'interno del magazzino per ordinare la resina stoccata, per formulare il semilavorato resinoso, per trasportare il semilavorato in produzione. La fase di travaso non è continua, e le discontinuità di travaso (cioè gli spostamenti del manicotto, gli spostamenti delle cisternette piene e vuote) la rallentano. Questi spostamenti costituiscono tempi morti per la produzione. Inoltre, per seguire l'intera operazione è necessaria la supervisione di un addetto, che rappresenta un costo ulteriore per la produzione.

Problemi di controllo: attualmente viene fatto un controllo per ogni autobotte ed un controllo per ogni lotto (di 1000 kg) di semilavorato formulato per un totale di almeno 400 controlli annui delle formulazioni.

Problemi di sicurezza: la possibilità di sversamento delle resine può portare all'inquinamento ambientale. L'eventualità di inalazione e contatto delle resine con l'operatore può compromettere l'incolumità dello stesso.

Problemi di produttività: ad ogni travaso della resina vi è una perdita materiale, e lungo il ciclo produttivo, la perdita totale è stata stimata all' 1% delle materie prime acquistate.

Alla luce di ciò l'azienda ha deciso di apportare le seguenti modifiche:

1. Accordarsi con il fornitore per acquistare la resina già additivata (cioè sottoforma di semilavorato resinoso). In questo modo:

- Ci sarebbero meno travasi, quindi una minore perdita di materiale e meno possibilità di svaso;
- Avverrebbero meno controlli sul semilavorato (oggi ogni lotto da 1000 kg di semilavorato viene analizzato. Se il semilavorato arrivasse a lotti da 15-18000 kg

verrebbe notevolmente ridotto il numero delle analisi utili, a parità di chilogrammi di semilavorato, senza diminuire la qualità del sistema di controllo);

- Ci sarebbero meno controlli sulle materie prime;
- Ci sarebbe un guadagno di tempo per gli operatori che attualmente si dedicano al travaso, stoccaggio e trasporto delle resine e un alleggerimento del carico di lavoro di controllo per gli analisti.
- La modifica sopra riportata porterebbe all'ulteriore vantaggio di avere più spazio in ambiente di stoccaggio perché tutti i componenti del semilavorato resinoso attualmente presenti non ci sarebbero più.
- Avverrebbe una riduzione della possibilità di errore umano: oggi la formulazione del semilavorato resinoso avviene manualmente e vengono formulati lotti da 1000 kg alla volta. Se arrivassero lotti da 18000 kg si otterrebbero più manufatti con la medesima formulazione, quindi una maggiore omogeneità dei prodotti finiti.

2. Costruire un impianto di stoccaggio automatizzato che porti il semilavorato resinoso direttamente in produzione al momento richiesto. In questo modo:

- Si eliminerebbe una considerevole parte delle sostanze sprecate: eliminando gran parte dei travasi e implementando un nuovo sistema di stoccaggio si eviterebbe di avere tanti recipienti sporchi di resina.
- Si eliminerebbe la mansione di: travasare la materia prima in cisternette, formulare il semilavorato resinoso e trasportarlo in produzione con il carrello elevatore.
- Non ci sarebbe la possibilità di inquinare il semilavorato nei vari travasi.

Nel presente lavoro di tesi si è focalizzata l'attenzione sul trasporto del semilavorato in produzione, tramite una tubazione.

## **5.2 Il Progetto in sintesi**

Il progetto consiste nel dimensionamento preliminare di una linea per movimentare il semilavorato resinoso dallo stoccaggio alla produzione attraverso una tubazione in pressione.

Si propone inoltre una bozza per costruire serbatoi di stoccaggio per il semilavorato in modo da rendere automatizzate le fasi di scarico del semilavorato e trasporto di produzione dello stesso attraverso una tubazione in pressione.

Nello specifico si intende delineare il dimensionamento preliminare: dei serbatoi in base alle necessità produttive e agli spazi attualmente esistenti; delle tubazioni necessarie per il trasporto dei semilavorati resinosi in produzione; della pompa per trasportare il semilavorato dai serbatoi di stoccaggio alle macchine.



### 5.3 Sviluppo del progetto di tesi

Discutendo con l'azienda ospitante il tirocinio, sono state espresse le seguenti necessità fondamentali:

- stoccare due diverse formulazioni già formulate e quindi un adeguato numero di serbatoi;
- non miscelare due diverse partite di semilavorato resinoso - anche se con medesima formulazione - per garantire la qualità del prodotto e la massima sicurezza (dato che ogni partita ha una reattività tipica e caratteristica);
- avere in magazzino una quantità di semilavorato tale da garantire la piena autonomia del processo produttivo (min 5000 kg stoccati per ogni formulazione).

Considerando ciò si propone la seguente ipotesi di sistema:

Sarà necessario avere 4 serbatoi di capacità 18000 kg: 2 per ogni formulazione. I quattro serbatoi verranno posti all'interno dell'ambiente di stoccaggio.

Per necessità di sicurezza dovrà essere previsto un bacino di contenimento che isoli tutti i serbatoi dal restante ambiente di stoccaggio. Il bacino sarà costruito all'interno dell'ambiente di stoccaggio attuale.

Bisognerà costruire due tubazioni adeguate che portino separatamente le due formulazioni di semilavorato resinoso in produzione. Ogni tubazione dovrà approvvigionare tre macchine mescolatrici poste a monte di tre reattori. Ciascuna linea sarà quindi ramificata e avrà tre uscite in corrispondenza dei tre serbatoi-polmone dei mescolatori. Le due tubazioni scorreranno parallela-mente ad una conduttura aerea già esistente fino al punto di ogni ramificazione.

Ogni tubazione sarà corredata di una pompa.

L'alimentazione delle macchine necessita di un polmone (per ogni formulazione) provvisto di un misuratore di livello massimo e minimo, quindi le tubazioni non saranno costantemente in pressione: quando il semilavorato nei polmoni raggiunge il livello minimo la pompa si attiverà. Quando il semilavorato raggiungerà il livello massimo la pompa riceverà il segnale di spegnimento e si fermerà. Questo processo sarà consentito per mezzo di valvole che guideranno i vari flussi.

Si dovrà dimensionare una pompa per il sistema di trasporto del semilavorato.

Verrà di seguito considerata solo una ramificazione (per semplicità): quella che porta il semilavorato alla macchina più lontana, e senza le ramificazioni dato che per le necessità dell'azienda non prevedranno l'approvvigionamento di due o più serbatoi-polmoni simultanea-mente.

Note da considerare:

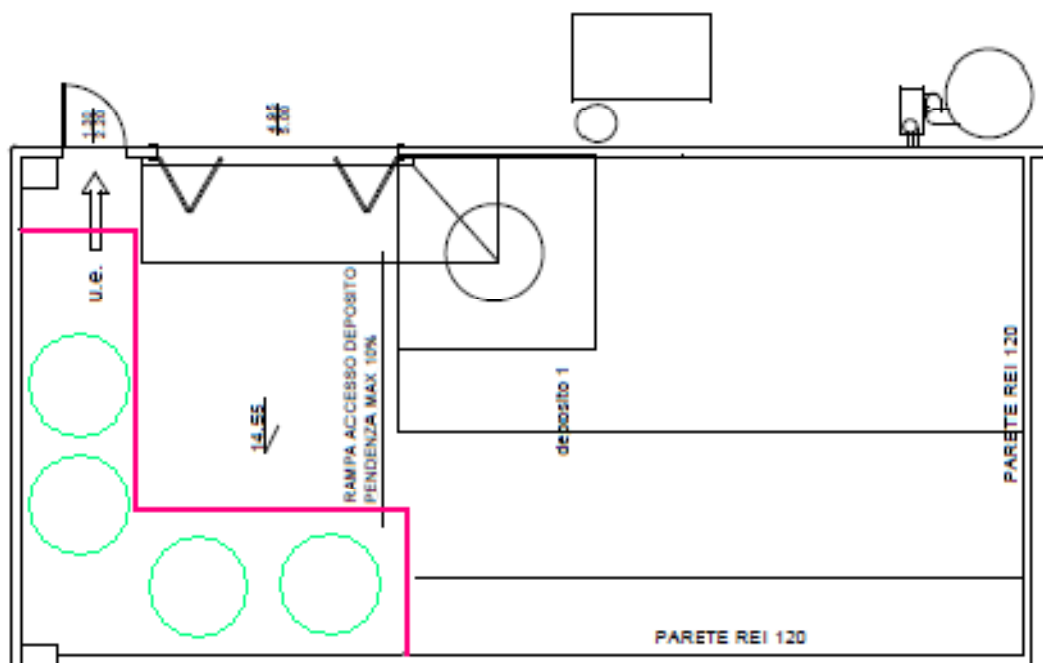
Vista l' elevata criticità delle sostanze in analisi, una particolare attenzione va rivolta alle contromisure da prendere per tutti gli elementi che compongono l'impianto: l'elevata infiammabilità, una bassa temperatura di flash point, l'alta viscosità.

Tutti questi aspetti sono dipendenti dalla temperatura, quindi si rende necessario controllare quest'ultima e di conseguenza coibentare tutte le tubazioni e i serbatoi (che non sono posti in ambienti climatizzati).

### 5.3.1 Serbatoi

Per quanto riguarda i serbatoi di stoccaggio essi verrebbero collocati in numero di quattro, all'interno dell'attuale ambiente di stoccaggio. Non sarebbe quindi necessario coibentarli in quanto il suddetto ambiente è climatizzato.

Si deve però costruire un bacino di contenimento di capienza pari al 110% della capacità totale dei serbatoi. Considerando che i serbatoi previsti conterranno in tutto 72 m<sup>3</sup> di semilavorato resinoso, la vasca di contenimento dovrà contenerne non meno di 80 m<sup>3</sup>. La vasca di contenimento può essere ricavata costruendo un muretto in muratura oppure acquistando una vasca di contenimento in acciaio.



**Figura 5.1**

Pianta dell'ambiente di stoccaggio: in verde sono rappresentati i quattro ipotetici serbatoi, in porpora è rappresentato il muretto per il bacino di contenimento.

### 5.3.2 Tubazioni

Si è deciso di usufruire di un impianto di tubazione già esistente affiancando le condutture per il semilavorato a quelle preesistenti. Ci saranno due linee: una per ogni semilavorato. Ognuna di esse riverserà il semilavorato nei polmoni delle tre macchine. Quindi ogni macchina avrà due polmoni (uno per ogni semilavorato resinoso). È importante per Nicos International non inquinare una formulazione di semilavorato con l'altra per assicurare così le proprietà delle due diverse miscele. In ogni tubazione vi saranno valvole di arresto che si chiuderanno o apriranno assecondando il segnale del misuratore di livello. Sarà inoltre posizionata una valvola di non ritorno dopo la pompa per evitare reflussi.

Le lunghezze da coprire sono le seguenti:

lunghezza orizzontale\*:  $52\text{ m} + 5,5\text{ m} = 57,5\text{ m}$

lunghezza verticale:  $9,5\text{ m} + 6,3\text{ m} = 15,8\text{ m}$

quota (dislivello inlet-outlet):  $\Delta z = 6,3\text{ m}$

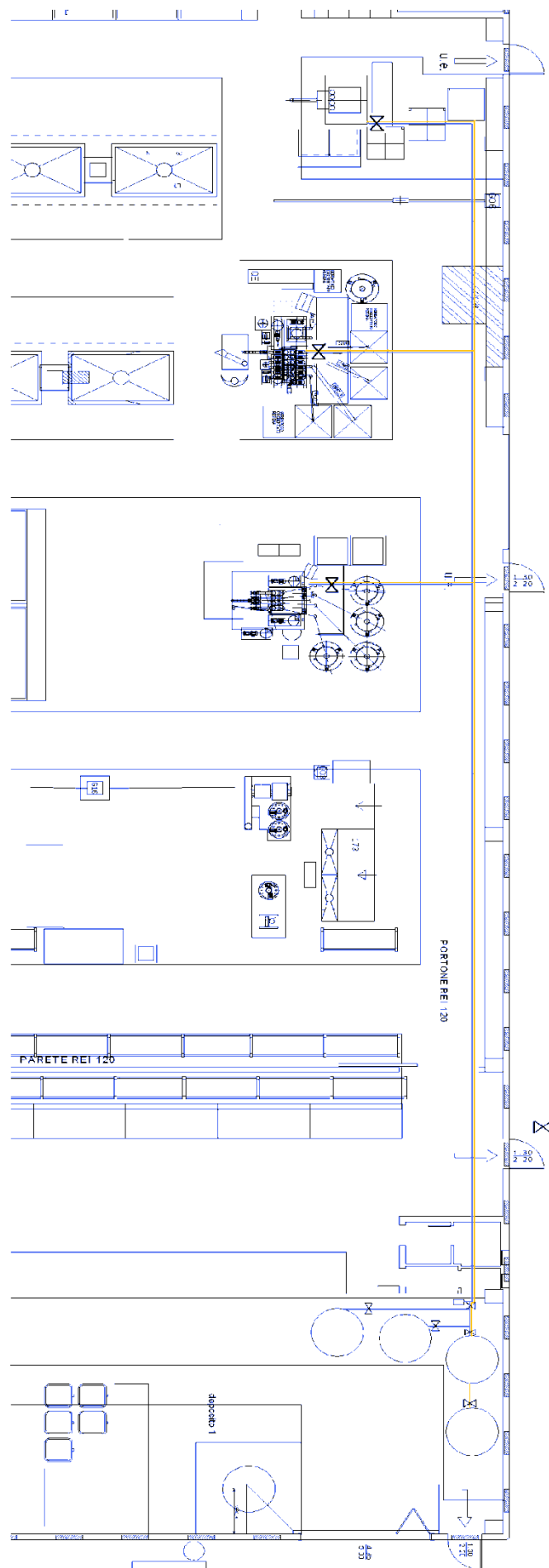
lunghezza totale condotto:  $73,3\text{ m}$

I tubi attualmente utilizzati in impianto sono in acciaio, quindi anche quelli adibiti al trasporto del semilavorato saranno in acciaio. Sarà necessario coibentare questi ultimi per evitare disguidi nei periodi in cui la temperatura ambiente varierà dall'intervallo 18-25 °C.

La scelta del diametro del tubo è correlata alle perdite di carico della pompa e alle caratteristiche dell'impianto. Non si ha la necessità di trasportare grandi quantità di questi liquidi tuttavia l'alta viscosità del semilavorato richiede una tubazione tale che non si verifichino ostruzioni.

Verranno di seguito proposte due tubazioni con diametri differenti: 4 e 6 pollici.

[\* viene considerato il rifornimento ad una sola macchina mescolatrice, la più lontana.]



**Figura 5.2**  
Pianta delle due tubazioni  
(una in giallo e l'altra in blu)  
di progetto.

### 5.3.3 Pompa

L'attenzione è stata rivolta al dimensionamento di una pompa che deve tener conto di certe necessità logistiche-impiantistiche. A ciò è strettamente correlata la scelta del diametro delle tubazioni.

Si chiede di garantire:

una portata minima di: 20 kg/min necessaria all'approvvigionamento delle tre macchine mescolatrici in produzione;

una velocità di: 0.3-0.5 m/s a causa dell'alta viscosità del semilavorato e per garantire il mantenimento della temperatura evitando lo sviluppo di calore per attrito internamente alle tubazioni;

Come accennato in precedenza la tubazione porterà il semilavorato resinoso (attraverso tre ramificazioni) a tre polmoni. Quindi la pompa non funzionerà in continuo, ma solo al segnale del misuratore di livello.

## 5.4 Calcoli

Si procede nel seguente modo:

- caratteristiche della resina;
- scelta del diametro interno delle tubazioni;
- scelta della velocità della resina che scorre nelle tubazioni;
- calcolo della portata delle tubazioni;
- studio del moto del sistema (attraverso il calcolo del numero di Reynolds);
- calcolo delle perdite di carico della tubazione;
- ottenimento della pressione necessaria per il pompaggio.

Le caratteristiche del fluido incompressibile che scorrerà lungo le tubazioni sono le seguenti:

densità( $\rho$ ): 983 kg/m<sup>3</sup> a 19 °C – vedasi appendice 2;

viscosità( $\mu$ ): 4,59 Pa·s a 19 °C – vedasi appendice 2;

Inoltre l'impianto di tubazioni verrebbe costruito affiancato ad un altro già esistente.

Le quote rilevate sono le seguenti:

lunghezza totale tubazioni: 73,3 m

quota verticale: 6,3m

Si ricorda che i calcoli verranno svolti per una sola ramificazione: la più lontana perché l'attività produttiva impone il funzionamento di una sola macchina per volta.

Si prevede inoltre che vi saranno per ognuna delle 3 ramificazioni (vedere **Figura 5.2**):

4 gomiti a 90°;

1 valvola di non ritorno;

2 valvole a saracinesca;

La velocità scelta è 0,4 m/s.

Il diametro interno relativo ad un tubo 10S [Perry 8th ed. table 10-22, pag. 10-78 ]

	Nominal pipe size (in)	Inside diameter (in)
D <sub>1</sub>	2,5	2,7
D <sub>2</sub>	3,3	3,8

La scelta dei due diametri di tentativo è stata fatta in riferimento alle tubazioni usate dai fornitori delle stesse materie prime.

Alla luce di ciò viene calcolata la portata delle tubazioni:

$$v = \frac{4\dot{V}}{\pi D^2}$$

Da cui :

$$\dot{V} = \frac{v\pi D^2}{4}$$

$\dot{V}_1(\text{m}^3/\text{min})$	0,084
$\dot{V}_2(\text{m}^3/\text{min})$	0,17

Ci sono tutti gli elementi per calcolare Re:

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

Re <sub>1</sub>	5,73
Re <sub>2</sub>	8,18

In entrambi i casi il fluido è in moto laminare perché  $Re < 2100$

Per dimensionare la pompa ricorro all'equazione di Bernoulli:

$$\frac{\Delta v^2}{2} + g\Delta z + \int v_s dp + W + F + \sum y = 0$$

Dove:

$\Delta v$  è la variazione della velocità del fluido all'interno del condotto;

$\Delta z$  è la variazione di quota verticale della tubazione;

$v_s$  è il volume specifico;

$W$  è il lavoro compiuto dall'unità di massa di fluido sull'esterno;

$F$  è il calore prodotto dalle forze dissipative all'interno del condotto;

$\sum y$  sono le perdite di carico.

L'equazione può essere semplificata tenendo conto che:

la tubazione ha diametro costante (quindi  $\Delta v = 0$ ),

non c'è sviluppo di calore nel condotto ( $F = 0$ ),

il fluido è incomprimibile ( $\int v_s dp = \frac{1}{\rho} (p_2 - p_1)$ ),

$W=0$  perché pompa in mandata.

e risulta:

$$g\Delta z + \frac{1}{\rho} (p_2 - p_1) + \sum y = 0$$

L'incognita è  $\Delta p = (p_2 - p_1)$

Calcolo delle perdite di carico  $\sum y$ :

le perdite di carico distribuite possono essere calcolate con la seguente formula generale:

$$r = f_a \frac{L}{D} \rho \frac{v^2}{2}$$

dove:  $r$  = perdita di carico (Pa);

$f_a$  = fattore di attrito;

$D$ =diametro interno del condotto (m);

$L$  = lunghezza del tubo (m);

$\rho$ =densità (kg/m<sup>3</sup>);

$v$ =velocità media del fluido (m/s).

per il regime laminare vale:  $f_a = \frac{64}{Re}$

sostituendo si ottiene:

$$r = \frac{32 L}{Re D} \rho v^2$$

$r_1$ (MPa)	0,96
$r_2$ (MPa)	0,47

perdite di carico concentrate:

$$z = \sum \xi \rho \frac{v^2}{2}$$

Dove:  $z$  = perdita di carico concentrata (Pa)

$\xi$  = coefficiente di perdita localizzata, adimensionale.

Dato che il sistema è in regime laminare i coefficienti di perdita localizzati variano al variare del numero di Reynolds, cioè del diametro. Di seguito vengono riportati i dati estrapolati (fonte fiction loss coefficient for laminar flow in different geometries by Nhu-Chi Ha, università of Washington).



	n	$\xi(D_1)$	$\xi(D_2)$
Inlet	1	64,11	62,02
outlet	1	74,62	77,54
Gate valve	2	42,26x1	42,20x1
Check valve	1	98,75	96,04
elbow	1	27,10	27,06

Da cui si ottengono i seguenti valori di perdite di carico localizzate:

$z_1(\text{Pa})$	33835
$z_2(\text{Pa})$	33676

È ora possibile calcolare le perdite di carico totali:

perdite di carico totali ( $\Sigma y$ ) = concentrate + distribuite

$\Sigma y_1(\text{MPa})$	1
$\Sigma y_2(\text{MPa})$	0,51

Termine geometrico:

$$g\rho\Delta z = 60752 \text{ Pa}$$

ora ci sono tutti gli elementi per calcolare  $\Delta p$ :

$$(p_1 - p_2) = \sum y + \rho g \Delta z$$

Ottengo:

$\Delta P_1(\text{MPa})$	1,1
$\Delta P_2(\text{MPa})$	0,57

## Conclusioni

Gli obiettivi di questo lavoro di tesi sono stati essenzialmente i seguenti:

- studio della natura chimica e fisica della resina in questione;
- studio dell'impianto attuale con particolare attenzione alla fase di stoccaggio e trasporto della resina in produzione;
- progettazione preliminare di massima di una linea di distribuzione della resina dal reparto di stoccaggio al reparto produttivo.

A favore del conseguimento dei suddetti obiettivi è stato visitato l'impianto del maggior fornitore di resina ed è stato svolto un lavoro di studio teorico sulla letteratura per capire i meccanismi e le reazioni chimiche.

Si fa notare che i dati di viscosità e densità riguardanti la resina in esame sono stati misurati direttamente in laboratorio a varie temperature. Per il calcolo delle perdite di carico sono stati presi i dati alla temperatura che presenta la viscosità più critica. È proprio l'alta viscosità a delineare il moto puramente laminare.

In suddetto regime la rugosità dei tubi non influenza le perdite di carico.

I coefficienti di perdita localizzata sono stati estrapolati da risultati sperimentali (fonte università of Washington).

I calcoli sono stati svolti per una tubazione rettilinea (senza diramazioni) a causa della difficoltà di ottenimento dei dati necessari per il calcolo nel caso di diramazioni.


Le suddette difficoltà sono da implicare al particolare regime di moto del sistema: a causa delle caratteristiche fisiche della resina e delle necessità aziendali si è delineato un moto puramente laminare.

Le perdite di carico più ingenti sono quelle distribuite e questo è caratteristico del moto laminare. Scegliendo il diametro proposto minore la pressione necessaria per movimentare il fluido risulta notevolmente più elevata che nell'ipotesi del diametro di 4 pollici. Sarebbe quindi necessario avere tubi di spessore maggiore, resistente alla pressione interna.

La scelta del diametro inferiore è quindi preferibile, anche se la tubazione risulterà più pesante e sarà quindi necessario un sostegno adeguato.



## APPENDICE 1

cod. 2140052
 

Scheda di sicurezza  
 Ester

Scheda di sicurezza del 11250310, revisione 2

---

**1. IDENTIFICAZIONE DELLA SOSTANZA/PREPARATO E DELLA SOCIETÀ/IMPRESA**

Nome commerciale: Ester  
 Codice commerciale:  
 Tipo di prodotto ed impiego: RESINA POLIESTERE INSATURA  
 Fornitore:

Numero telefonico di chiamata urgente della società o di un organismo ufficiale di consultazione:

Centro Anticattolici - Ospedale Maggiore Cà Grande - MILANO  
 Tel. 02/50101520 (24 ore su 24)  
 Persona competente responsabile della scheda di dati di sicurezza:

---

**2. IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI**

Proprietà / Simboli:  
 Xi Nocivo  
 Xi Irritante

Frase R:

R10 Irritante,  
 R36/37 Nocivo per l'irritazione,  
 R38/39 Irritante per gli occhi e la pelle,  
 R43 Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle.

---

**3. COMPOSIZIONE/INFORMAZIONE SULLI INGREDIENTI**

Sostanze contenute pericolose per la salute al sensi della direttiva 67/548/CEE e successivi adeguamenti o per le quali esistono limiti di esposizione occupazionale:

30% - 25% Solente  
 N.67548/CE - 601-035-00-0 CAS: 166-40-5 EC: 203-861-5  
 SOLU R10-20-36/39

10% - 12,5% metacrilato di metile  
 N.67548/CE - 601-035-00-0 CAS: 88-69-8 EC: 201-290-7  
 F.R. R11-37/38-43

---

**4. INTERVENTI DI PRIMO SOCCORSO**

Contatto con la pelle:  
 Togliere immediatamente gli indumenti contaminati.  
 Lavare immediatamente con abbondante acqua corrente ed eventualmente sapone le aree del corpo che sono venute a contatto con il liquido, anche se solo sospeso.

Contatto con gli occhi:  
 Lavare immediatamente ed abbondantemente con acqua corrente, a palpebre aperte, per almeno 10 minuti, quindi proteggere gli occhi con garza sterile o un fazzoletto pulito, asciutto. RICOORRERE A VISITA MEDICA.

Ingestione:  
 Non provocare assolutamente vomito. RICOORRERE IMMEDIATAMENTE A VISITA MEDICA.  
 Somministrare solo di volta in volta: non somministrare latte e grassi animali o vegetali in genere.

Inalazione:  
 Assumere l'ambiente. Rimuovere subito il paziente dall'ambiente contaminato e farlo riposare in ambiente ben aerato. CHIAMARE UN MEDICO.

---

**5. MISURE ANTINCENDIO**

Estintori raccomandati:  
 In caso di incendio usare acqua nebulizzata, polvere chimica, anidride carbonica o schiuma.

Estintori vietati:  
 Nessuno in particolare.

Rischi da combustione:  
 Evitare di respirare i fumi.

Mezzi di protezione:  
 Usare protettori per le vie respiratorie.  
 Raffreddare i contenitori esposti al fuoco con acqua.

---

**6. PROVVEDIMENTI IN CASO DI DISPERSIONE ACCIDENTALE**

Precauzioni individuali:  
 Indossare tuta chiusa, guanti ed indumenti protettivi.

Precauzioni ambientali:  
 Contenerne la perdita con terra o sabbia.  
 Eliminare tutte le fiamme libere e la possibilità loro di ignizione. Non lavare.  
 Se il prodotto è defluito in un corso d'acqua, in tale fognario o ha contaminato il suolo o la vegetazione, avvisare le autorità competenti.

Mezzi di pulizia:  
 Raccolgere velocemente il prodotto infossando maschere ed indumento protettivo,  
 in caso di spargimento, imporre che porri nella rete fognaria.  
 Raccolgere il prodotto per il riutilizzo, se possibile, o per l'eliminazione. Eventualmente assorbito con materiale inerte.  
 Seccessivamente alla raccolta, lavare con acqua la zona ed i materiali interessati.

---

**7. MANIPOLAZIONE E IMBALLAGGIAMENTO**

Precauzioni manipolazione:  
 Evitare il contatto e l'inhalazione dei vapori. Vedere anche il successivo paragrafo 8.  
 Durante il lavoro non mangiare né bere.

<p>Durante il lavoro non fumare. Materie incompatibili: Ossidanti forti, acidi e basi concentrati. Condizioni d'uso/consiglio: Tenere al riparo dal sole e dalla pioggia. Tenere lontano da fiamme libere, scintille e sorgenti di calore. Evitare l'aspirazione diretta al vapo. Indossare parti locali: Protezioni adeguatamente sigillate.</p>	
<p><b>6. PROTEZIONE PERSONALE/CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE</b></p> <p>Attrezzatura personale: Assumere adeguatamente i locali dove il prodotto viene stoccato o manipolato. Protezione respiratoria: E' necessaria una protezione respiratoria adeguata, quale una maschera con filtro a carboni attivi. Protezione della mani: Usare guanti protettivi. Protezione degli occhi: Non necessaria la protezione normale. Occhiali, o comunque, secondo le buone pratiche lavorative. Protezione della pelle: Indossare indumenti a protezione completa della pelle. Unità di esposizione della sostanza contenuta: Sistema TLV TWA: 20 ppm, A4 - 65,2 mg/m<sup>3</sup>, A4 TLV STEL: 40 ppm, A4 - 170,4 mg/m<sup>3</sup>, A4 metabolito di media TLV TWA: 60 ppm, A4 - 204,60 mg/m<sup>3</sup>, A4 STEL TLV STEL: 100 ppm, A4 - 409,53 mg/m<sup>3</sup>, A4 STEL</p>	
<p><b>9. PROPRIETA' FISICHE E CHIMICHE</b></p> <p>Aspetto colore: Classe: Punto di infiammabilità: Contenuto secco: Viscosità: Inesaltabile: Inesaltabile</p> <p>Liquido incolore contenuto del momento Classe 2 - 2.1 Classe 2.1 &lt; 3000 mPa.s a 25°C Inesaltabile</p>	
<p><b>10. STABILITA' E REATTIVITA'</b></p> <p>Condizioni da evitare: Stabile in condizioni normali. Sostanze da evitare: Evitare il contatto con materiale comburente. Il prodotto potrebbe infiammarsi. Pericoli da decomposizione: Polimerizzare per riscaldamento con metalli elementari (acciaio, ferro, alluminio, nichel). Polimerizzare a contatto con acidi minerali ossidanti, agenti ossidanti forti, agenti ossidanti forti.</p>	
<p><b>11. INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE</b></p> <p>Stimolazione la concentrazione delle singole sostanze al fine di valutare gli effetti tossicologici derivanti dall'esposizione al preparato. Sostanze nocive e irritanti: Sistema LD 50 orale (ratto): 5000 mg/kg LD 50 dermica (topico): &gt; 2.000 mg/kg LD 50 inalazione (ratto): 11,8 mg/kg (2,7 l/l per litro)</p> <p>IRRAZIONE: irritante per le vie respiratorie e i polmoni. PELLE: irritante per la pelle, se il contatto è prolungato il prodotto può causare prurito e irritazione. OCCHI: può causare forte irritazione con danni correlati. I vapori possono irritare gli occhi e causare lacrimazione. INDETTICHE: può causare irritazione della bocca, gola e del tratto gastro-intestinale.</p>	
<p><b>12. INFORMAZIONI ECOLOGICHE</b></p> <p>Utilizzare secondo le buone pratiche lavorative, evitando di disperdere il prodotto nell'ambiente.</p>	
<p><b>13. OSSERVAZIONI SULLO SMALTIMENTO</b></p> <p>Recupero se possibile, inviare ad impianti di smaltimento autorizzati o ad incenerimento in condizioni controllate. Operare secondo le norme di gestione locale e nazionale. La classificazione e l'etichettatura sono state eseguite in conformità alla direttiva EU 1999/45/CE e successive modifiche ed adeguamenti, in particolare il XXV ATP. Si raccomandano, comunque, all'utente le seguenti norme di comportamento e di sicurezza secondo le norme nazionali, regionali e locali in materia di attività pericolose e di protezione ambientale (per esempio: liquidi, solidi e gas tossici). Osservazioni e riferimenti alle seguenti normative: 91/136/CEE, 91/676/CEE, 91/676/CEE e successive modifiche.</p>	
<p><b>14. INFORMAZIONI SUL TRASPORTO</b></p> <p>Stichetto d'etichettatura (ADR/RCE): UN 1888 RESIN SOLUTION, fiammabile, 2,1 - (F+) Azione (ADR/RCE): UN 1888 RESIN SOLUTION, fiammabile, 2,1 Materie pericolose: NO</p>	
<p><b>15. INFORMAZIONI SULLA NORMATIVA</b></p> <p>D.Lgs. 352/1997 n. 32 (Classificazione, imballaggio ed etichettatura sostanze pericolose). D.Lgs. 143/2001 n. 30 (Classificazione, imballaggio ed etichettatura prodotti pericolosi). D.Lgs. 32/2001 n. 35 (Rischio derivanti da agenti chimici durante il lavoro). DM. Lavoro 2002/2001 (Punti di esposizione delle sostanze). D.M. 28/03/2005 recepimento Direttiva 2000/76/CE, 2001 ATP, Direttiva 2003/90/CE (prodotti con classificazione 120/45/CE (A) prodotti pericolosi). Regolamento (CE) n. 1831/2003 (Pesticidi).</p> <p>Smaltito: No Noche Fiamma</p>	

	<p>R10 Infiammabile.  R20 Nocivo per inalazione.  R30000 Irritante per gli occhi e la pelle.  R43 Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle.</p> <p><b>Frasi S:</b></p> <p>S24 Evitare il contatto con la pelle.  S36 In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare un medico.  S37 Usare guanti adatti.  S43 In caso di incendio usare acqua nebulizzata, polvere chimica, anidride carbonica o schiuma.</p> <p><b>Contiene:</b>  Etene  metanolo di metile</p> <p>La classificazione e l'etichettatura sono state eseguite in conformità delle direttive EU 1999/45/CE e 609/60/CE e successive modifiche ed allegamenti, in particolare il 2001/60/CE.  Si raccomanda, comunque, all'utilizzatore la necessità di verificare e rispettare specifiche normative nazionali, regionali o locali in materia di attività pericolose e di protezione ambientale (es. emissioni liquide, solide o gassose).  Dati applicabili, al fine di riferimento alle seguenti normative:  Decreto ministeriale 4/6/81 (Ambiente atmosferico);  Legge 13/73 (Inquinamento atmosferico);  D.Lgs. 17 agosto 1999 n. 334 (Direttiva Biocida 86/302/EEC);  D.P.R. 258/89 (Etichettatura delegata).</p> <p><b>16. ALTRE INFORMAZIONI</b>  Principali fonti bibliografiche:  NIOSH - Registry of toxic effects of chemical substances (1995)  IARC - IARC Monographs  ACGIH - Threshold Limit Values - 2004 edition  Le informazioni contenute in questo SDS in nostro possesso al la data sopra riportata, sono riferite unicamente al prodotto indicato e non costituiscono garanzia di particolari qualità.  L'utilizzatore è tenuto ad assicurarsi della idoneità e completezza di tali informazioni in relazione all'uso specifico che ne deve fare.  Questa scheda è valida e sostituisce ogni edizione precedente.  Testo delle frasi R utilizzate nel paragrafo 2:  R10 Infiammabile.  R11 Facilmente infiammabile.  R20 Nocivo per inalazione.  R30000 Irritante per gli occhi e la pelle.  R37000 Irritante per la via respiratoria e la pelle.  R43 Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle.</p> <p>Questa scheda è stata redatta conformemente alla Direttiva 2002/95/CE</p>
--	---

## APPENDICE 2

### ELABORAZIONE DATI DA FOGLIO DI LAVORO EXCEL

Per il regime laminare i fattori  $k$  sono dipendenti dal numero di Reynolds, come si può notare dal grafico di Moody. Data la scarsità di dati reperibili, i valori di  $k$  sono stati estrapolati da curve di regressione costruite con gruppi di quattro dati, estratti da Perry's chimica engineers' handbook 8th edition.

La curva interpolatrice scelta è una cubica. Essa aderisce bene ai dati pervenuti e restituisce un valore accettabile nello specifico range di interesse. Il valore calcolato al numero di Reynolds del problema ( $Re=7,7$ ) è probabilmente sovrastimato ed in linea con l'obiettivo di tesi di calcolo di massima.

#### Entrata

Re	K
0	69
20	59
40	58
60	57
7,7*	62,4**

#### Uscita

Re	K
0	69
20	90
40	115
60	140
7,7*	77**

#### Gate valve

Re	K
50	24
100	9,9
500	1,7
1000	1,2
7,7*	146,4**



#### Check valve

Re	K
50	55
100	17
500	4,5
1000	4
7,7*	96,6**

#### Gomiti

Re	K
50	0,9
100	1
500	7,5
1000	16
7,7*	27**

\*dato del problema, calcolato

\*\* dato estrapolato dalla curva di regressione relativa

### APPENDICE 3

Sono stati misurati i valori di viscosità a varie temperature della resina e del semilavorato.

Per la misura di **viscosità** sono state usate le seguenti attrezzature:

un viscosimetro RVDVE;

una bilancia con precisione 0.01g;

bicchieri in PE da 200 cc.;

bagno termostato (per le misure fatte a 19, 25 e 35 °C)

cella frigorifera per le temperature fatte a 6 e 8 °C,

termometro a infrarossi.

procedimento:

sono stati pesati circa 200 g di prodotto in esame;

il bicchiere contenente la resina o il semilavorato è stato coperto e messo nel bagno termostato alla temperatura desiderata per 2 ore;

E' stato predisposto il viscosimetro con spindle 3 e rpm 20 per le prove fatte a 25,35 °C, con rpm 10 per le misure raccolte a 19 gradi, con rpm 6 per le prove a 10 °C e con rpm 4 per le prove a 8 °C.

Il valore è stato letto dopo 30 secondi, per assicurare che le condizioni fossero stabili.

Per ogni prova è stata misurata la temperatura.

semilavorato:

Temperatura [°C]	Viscosità [cP]
6	16780
19	4590
25	3275

Resina:

temperatura [°C]	Viscosità [cP]
8	15330
10	14470
19	4910
25	2870
35	1930

La **densità** è stata calcolata attraverso un metodo empirico: è stato considerato un volume-campione riempito con acqua distillata, la cui densità è 1 g/cm<sup>3</sup> a 25 °C. Il campione riempito è stato pesato. Successivamente è stato riempito con la resine e poi pesato.

Sapendo che:  $V = \frac{m}{\rho}$

Avendo preso:  $V_{resina} = V_{H_2O}$

Allora vale anche:  $\left(\frac{m}{\rho}\right)_r = \left(\frac{m}{\rho}\right)_{H_2O}$

Da qui si calcola:  $\rho = \frac{m_r \rho_{H_2O}}{m_{H_2O}}$

La densità della resina a 25°C è di circa 1.052 g/cm<sup>3</sup>. La misura è affetta da imprecisioni a causa della difficoltà nel mantenere la temperatura costante e dalla difficoltà di riproducibilità del campione. Tuttavia per fare una stima di massima verrà utilizzato il dato calcolato.

La densità della resina a 18 °C è di circa 1.

Anche in questo caso il dato calcolato è affetto da imprecisioni per gli stessi motivi sopra elencati.

Temperatura [°C]	Tara	Peso H2O	Peso resina
ambiente	2,523	65,492	
11	2,734	“	66,650
11	2,524	“	66.501
ambiente	2,577	68.912	
25	2,610	“	76,117
25	2,730	“	72,511
25	2,512	“	72,209
			Peso semilavorato
25	2,584	“	71,591
25	2,559	“	74,776
	2,536	“	72,619
			Resina
ambiente	2,600	68,001	
35	2,665	“	74,985
35	2,722	“	75,014
19.5	2,586	63,586	
19,5	2,584	“	66,579
19,5	2,545	“	65,952
19,5	2,562	“	65,850
			Semilavorato
19,5	2,612	“	62,086
19,5	2,531	“	63,273
19,5	2,528	“	62,067

Da notare che il viscosimetro è stato impostato a diversi rpm per usufruire sempre del centro-scala, dato che lo strumento visualizza nel display in forma percentuale.

Da notare che sono stati presi campioni diversi di volumi d'acqua: uno per ogni temperatura analizzata.

## Bibliografia

D.Lg. 81/2008

Nhu-Chi Ha, *Friction loscoefficient for laminar flow in different geometries*

Mario Doninelli, *Le reti di distribuzione*

*Guida per utilizzare in sicurezza resine poliesteri insature e vinilestere*, cefic sector group, cap 4

*Resin for coatings* by stoye/Freitag

*The storage of flammable liquids in tanks* (on line version)

Welty, Wicks, Wilson; Rorrer, *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*

H. Perry, *Perry' s chemical engineers' handbook*, 8<sup>th</sup> edition

G. Maschio, *dispense di impiantistica di processo*

Materiale fornito dall'azienda

## Sitografia

<http://www.formeco.com/frameita.htm>

[www.chimicadagostino.com](http://www.chimicadagostino.com)

<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg176.pdf>

<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/adr/adr2011/English/Part3.pdf>

<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/adr/adr2011/English/Part2.pdf>